

Universidad Carlos III de Madrid
Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones

Comunicaciones digitales

Examen convocatoria septiembre
4 de septiembre de 2006

Nombre:

Apellidos:

DNI:

Firma:

Se ha presentado al examen.

Tiempo total: 60 minutos**Puntos totales: 4/10**

Apellidos:	1
Nombre:	
Grupo:	2
D.N.I.:	
Firma:	3
	Total

1. Una modulación PAM paso banda utiliza una constelación de símbolos:

$$A[n] = Ce^{j\phi[n]}$$

donde C es una constante que controla la energía de símbolo y $\phi[n]$ puede tomar M valores diferentes $\phi[n] \in \{0, \frac{2\pi}{M}, \dots, \frac{2\pi(M-1)}{M}\}$

- Dibuje la constelación para $M = \{2, 4, 8\}$ y el diagrama de bloques del transmisor, especificando el diseño del codificador.
- ¿Cuál sería la máxima tasa binaria alcanzada en cada caso si dispone de canal de transmisión de ancho de banda limitado con un ancho de banda de $2 \cdot \pi \times 10^3$ rad/s? Elija el pulso conformador de tal manera que respete el criterio de Nyquist para conseguir una máxima velocidad binaria en el sistema.

(1 punto)

2. La modulación denominada duobinaria introduce deliberadamente ISI con el fin de controlar el espectro de la señal modulada. Se forma a partir de una secuencia de símbolos $A[n]$ binarios ($A[n] \in \{\pm 1\}$), equiprobables y estadísticamente independientes, formando otra secuencia $B[n]$ como $B[n] = A[n] + A[n - 1]$, y a partir de esta

$$s(t) = \sum_n B[n]g(t - nT)$$

como en una modulación PAM paso bajo. Deseamos analizar las prestaciones de distintos receptores, para lo cual suponemos que el canal discreto equivalente introduce sólo ruido aditivo blanco y gaussiano de varianza $N_0/2$, y queremos determinar la P_e que se obtendría con los siguientes decisores de la secuencia transmitida $A[n]$:

- a) Un decisor ML sin memoria.
- b) Un decisor de secuencias de máxima verosimilitud.
- c) Un igualador DFE (asuma que no existe propagación de errores).

(1,5 puntos)

3. En los sistemas de Tercera Generación de móviles UMTS se utiliza el sistema de modulación que se describe a continuación. La señal en banda base $s(t)$ se define de la siguiente forma:

$$s(t) = \sum_n A[n]g(t - nT)$$

donde $A[n] \in \{1, -1\}$ es la secuencia de información binaria y $g(t)$ es el pulso conformador que se caracteriza mediante:

$$g(t) = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{m=0}^{N-1} x[m]g_c(t - mT_c)$$

con $T_c = \frac{T}{N}$ y $x[m] \in \{1, -1\}$ una secuencia de N símbolos conocida.

- a) Considerando que $g_c(t)$ es un pulso rectangular normalizado en amplitud de duración $T/4$ dibuje la señal $s(t)$ en el intervalo de tiempo $t \in (0, 3T)$, si $A[0] = 1$, $A[1] = 1$ y $A[2] = -1$ cuando la secuencia $x[m]$ es $\{1, 1, 1, 1\}$ y cuando $x[m]$ toma valores $\{1, -1, 1, -1\}$.
- b) A partir de la formulación del espectro de una señal PAM en banda base, calcule el espectro de la señal $s(t)$ en dos situaciones, cuando el pulso conformador $g(t)$ es un pulso rectangular convencional normalizado en amplitud y de duración T y cuando tiene la forma definida anteriormente $g(t) = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{m=0}^{N-1} x[m]g_c(t - mT_c)$ con $T_c = T/4$. Asuma que la secuencia de símbolos transmitidos $A[n]$ y la secuencia $x[m]$ son secuencias blancas.

(1,5 puntos)

Tiempo total: 2 horas

Puntos totales: 6/10

Apellidos:	1
Nombre:	
Grupo:	2
D.N.I.:	
Firma:	Total

1. Considere una modulación OFDM con 4 portadoras, contelación QPSK con símbolos equiprobables y un prefijo cíclico de 2 muestras. La señal modulada atraviesa un canal discreto equivalente a periodo $T/4$ con respuesta al impulso

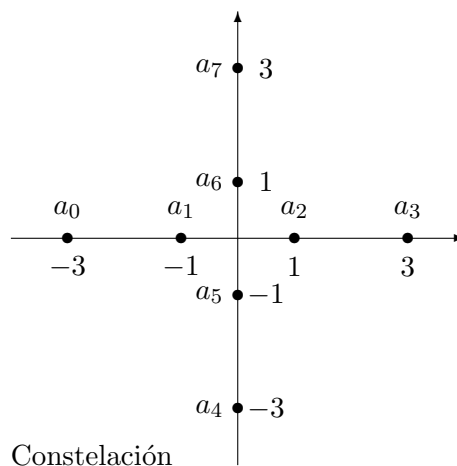
$$d[m] = \delta[m] - 0,6\delta[m - 1]$$

y ruido aditivo complejo, blanco y gaussiano de varianza N_0 . En el receptor se emplea un decisor de máxima verosimilitud adaptado a la constelación QPSK en el receptor.

- Obtenga las respuestas al impulso de cada uno de los 16 subcanales $p_{k,i}[n]$.
- Determine la relación señal a ruido en cada portadora.
- Determine la probabilidad de error media.

(3 puntos)

2. Se dispone de dos codificadores convolucionales definidos por los siguientes polinomios generadores: $g^{(0)} = 010$ y $g^{(1)} = 101$, para el primero, y $g^{(0)} = 110$ y $g^{(1)} = 111$, para el segundo.
- a) Si se utilizan ambos codificadores junto con una modulación BPSK con energía media por símbolo E_s para transmitir por un canal gaussiano con densidad espectral de potencia $N_0/2$, compare la probabilidad de error obtenida con cada codificador si se emplea un decodificador basado en decisión dura.
- b) Los dos codificadores se utilizan para implementar un código TCM basado en la constelación de la figura.
- Diseñe el código TCM (se puede hacer inicialmente de forma genérica para ambos convolucionales).
 - Calcule la ganancia de codificación del TCM para cada codificador convolucional.
 - Para simplificar la implementación del codificador, se desea realizar una asignación fija de bits, de la entrada del modulador, a cada símbolo de la constelación (de forma explícita, p.e. $a_0 = [000]$, $a_1 = [010]$, \dots). Elija el codificador convolucional más conveniente (justificando la elección), y realice la asignación.
 - Teniendo en cuenta los resultados previos, si se barajan dos posibilidades para incrementar la protección de las transiciones no paralelo: emplear un convolucional con dos memorias y mayor distancia libre que los dos propuestos, o uno con tres memorias, ¿que opción le parece más razonable? Y, considerando la probabilidad de error global, ¿considera ventajoso elegir otro código convolucional 1/2 más complejo y con mejores prestaciones que los dos propuestos? Justifique ambas respuestas.



NOTA: Para el cálculo de la ganancia de codificación, emplee una constelación QAM en el sistema sin protección contra errores.

(3 puntos)